

Evaluasi Kapasitas Fondasi Tiang Pancang Menggunakan Data Kalendering Pada ABT1-ABT 2 Underpass STA 2+550 Binjai-Stabat

Darlina Tanjung¹, Jupriah Sarifah², Vikhri Haichal Rambe³

Universitas Islam Sumatera Utara, Indonesia

jupriah.sarifah@gmail.com, bangun.pasaribu@gmail.com,

vikhrihaichalray12@gmail.com

ABSTRACT

A pile foundation is needed to support the building, if the hard soil layer is very deep. The pile foundation functions to move or transfer the load above it (superstructure) to deeper soil layers. For this purpose, it is necessary to evaluate the capacity of a single pile and the capacity of a group of piles that are capable of carrying the load above them. Evaluation of pile capacity requires calendaring data in the form of field driving data which is carried out when the pile reaches hard ground with penetration and rebound values taken for 10 strokes. Based on calendaring data, single pole capacity analysis was carried out using several methods. The results of the bearing capacity analysis from one method are compared with other methods and their relationship with pile penetration. The capacity value of the pile group is calculated based on the pile efficiency. Most of the pile capacities show almost the same single pile capacity values, such as the Hiley method (666.16 kN), Navy-Mckay (752.14 kN), Janbu (440.91 kN), except that the Sanders method gives results that are much different from The value of other methods is 1138.28 kN, this could be because this method only considers the weight of the pile. The relationship between single pile capacity and pile penetration shows that the smaller the pile penetration value, the greater the pile capacity. This is obtained in all methods used, although with different calculation methods and method.

Keywords: Pile Foundation

ABSTRAK

Fondasi tiang pancang diperlukan untuk mendukung bangunan, apabila lapisan tanah keras terletak sangat dalam. Fondasi tiang pancang berfungsi untuk memindahkan atau mentransfer beban yang berada di atasnya (*super structure*) ke lapisan tanah yang lebih dalam. Untuk keperluan ini, maka dibutuhkan evaluasi kapasitas tiang tunggal dan kapasitas kelompok tiang yang mampu memikul beban yang berada di atasnya. Evaluasi kapasitas tiang memerlukan data kalendering berupa data pemancangan di lapangan yang dilakukan pada saat tiang mencapai tanah keras dengan nilai penetrasi dan *rebound* diambil untuk 10 kali pukulan. Berdasarkan data kalendering dilakukan analisis kapasitas tiang tunggal menggunakan beberapa metode. Hasil analisis kapasitas dukung dari metode yang satu dibandingkan dengan metode lainnya dan hubungannya dengan penetrasi tiang. Nilai kapasitas kelompok tiang dihitung berdasarkan efisiensi tiang. Kapasitas tiang sebagian besar menunjukkan nilai kapasitas tiang tunggal yang hampir sama, seperti metode Hiley (666,16 kN), Navy-Mckay (752,14 kN), Janbu (440,91 kN), kecuali metode Sanders memberikan hasil yang jauh berbeda dengan nilai metode-metode lainnya yaitu 1138,28 kN, hal ini dapat disebabkan karena metode ini hanya mempertimbangkan berat tiang saja. Hubungan kapasitas tiang tunggal dengan penetrasi tiang didapatkan bahwa semakin kecil nilai penetrasi

tiang, maka kapasitas tiang semakin besar. Hal ini didapatkan pada semua metode yang digunakan, walaupun dengan cara perhitungan dan metode yang berbeda.

Kata Kunci: Fondasi Tiang Pancang

PENDAHULUAN

Jalan Tol *Trans-Sumatera* adalah jaringan jalan tol sepanjang 2.818 km di Indonesia yang direncanakan menghubungkan kota-kota di pulau Sumatera, dari Lampung hingga Aceh. Jalan Tol Binjai–Stabat merupakan proyek pelaksanaan pembangunan jalan tol ruas Binjai–Langsa, seksi Binjai–Pangkalan Brandan sepanjang 12,5 km dengan 3 buah simpang susun, di mana pembangunan tersebut merupakan investasi dari PT. Utama Karya (Persero) melalui kontraktor yaitu PT. Utama Karya Infrastruktur sebagai pelaksana yang merupakan anak perusahaan PT. Utama Karya (Persero). Pembangunan Jalan Tol Binjai–Stabat memiliki beberapa *underpass* salah satunya *underpass* STA 2+550. Bangunan ini menggunakan Fondasi tiang pancang beton pracetak pada ABT-A1 dan ABT-A2. Maka evaluasi dilakukan dengan beberapa persamaan dari rumus dinamik karena beberapa persamaan ini memiliki keakuratan dalam menganalisis kapasitas tiang pancang tunggal (Q_a) dengan data kalendering, adapun persamaan yang dilakukan yaitu menggunakan metode persamaan *Hiley* (1930), persamaan *Sanders* (1851), persamaan *Navy-Mckay* dan persamaan *Janbu* (1953), dari hasil perhitungan kapasitas tiang pancang tunggal ($Q_{\text{rata-rata}}$) dihubungkan dengan penetrasi tiang (s). Sedangkan pada analisis kapasitas tiang kelompok dilakukan dengan menggunakan faktor efisiensi tiang berdasarkan data kalendering. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dan penting untuk menganalisis kapasitas tiang tunggal (Q_a), kapasitas tiang kelompok (Q_g) dan hubungan kapasitas tiang pancang ($Q_{\text{rata-rata}}$) dengan penetrasi tiang (s) berdasarkan data kalendering, selain itu tulisan ini akan membandingkan metode persamaan yang satu dengan yang lainnya untuk dapat menentukan kapasitas tiang dan pemilihan metode yang tepat.

TINJAUAN LITERATUR

Pengertian dan Jenis-jenis Fondasi Tiang Pancang

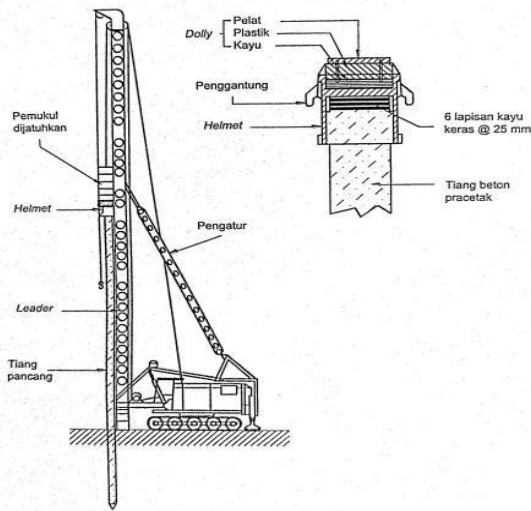
Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan baja, yang digunakan untuk mentramisikan benda-benda permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah (Bowles, 1984). Fondasi tiang pancang adalah Fondasi dalam yang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Fondasi tiang pancang berfungsi untuk memindahkan atau mentransferkan beban-beban yang berada di atasnya (*super structure*) kelapisan tanah yang lebih dalam (Pratama, et al., 2016).

Menurut Sardjono, (1988) composite pile terdiri dari beberapa jenis antara lain, sebagai berikut: *Water proofed steel pipe and wood pile*, *Composite ungased – concrete and wood pile*, *Composite dropped – shell and pipe pile*, *Franki composite pile*.

2.2 Alat Pancang Tiang Dalam proses pemasangan tiang ke dalam tanah, tiang dipancang dengan alat pemukul yang dapat berupa pemukul (*hammer*) mesin uap, pemukul getar atau pemukul yang hanya dijatuhkan. Tiang dan pemukul dipasang

pada peralatan *crane* yang dilengkapi dengan rangka batang baja sebagai pengatur jatuhnya pemukul ke kepala tiang yang disebut *lead*. Elemen – elemen penting dalam sistem pemancangan adalah: *lead*, *anvil*, topi (*helmet*), *ram* dan untuk tiang beton

Gambar 1. Alat pancang



Sumber: Hardiyatmo, 2015

Pekerjaan Pemasangan Tiang Pemasangan tiang (dipancang atau di bor) sangat berpengaruh pada kelakuan tiang dalam mendukung beban. Umumnya, tinjauan gangguan akibat pemancangan tiang ditujukan terutama pada perubahan sifat-sifat tanah yang mempengaruhi kapasitas dukungnya. Jika data kondisi tanah setelah pemancangan dapat diperkirakan, maka dapat dibuat cara yang cocok untuk mengevaluasi data laboratorium atau data hasil uji lapangan yang akan digunakan dalam perancangan kapasitas dukung tiang (Hardiyatmo, 2015).

Perhitungan Pemancangan

Menurut Dr. Bambang Surendro (2015), perhitungan pemancangan tidak terlepas dari dua hal yaitu kekuatan tiang dari persyaratan-persyaratan pemancangan. Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi dalam melaksanakan pemancangan adalah:

1. *Hammer* tidak boleh terlalu ringan, perbandingan antara berat *hammer* (pemukul) dengan berat tiang adalah sebagai berikut: Berat pemukul (*hammer*) = 3 sampai dengan 3,50 kali berat tiang.
2. Menurut *modified engineering new formula*, untuk menghitung kekuatan tiang maksimum dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{6} \times \frac{E}{L + c} \times \frac{W}{W + P}$$

Kalendering Pemancangan Secara umum kalendering digunakan pada pemancangan tiang pancang untuk mengetahui daya dukung tanah secara empiris melalui perhitungan yang dihasilkan oleh proses pemukulan alat pancang. Alat yang digunakan pada saat pelaksanaan kalendering adalah spidol, kertas milimeter, selotip, dan kayu pengarah spidol agar selalu pada posisinya. pengambilan data kalendering dilakukan pada saat tiang mencapai tanah keras, besarnya penetrasi dan *rebound* diambil untuk 10 kali pukulan (Lukman, 2017).

Kapasitas Tiang Berdasarkan Data Kalendering

Hitungan daya dukung ultimit tiang secara dinamik didasarkan pada rumus tiang pancang dinamik. Rumus ini hanya berlaku untuk tiang tunggal dan tidak memperhatikan hal-hal berikut yakni perilaku tanah yang terletak di bawah dasar kelompok tiang dalam mendukung beban struktur, reduksi tahanan gesek sisi tiang sebagai akibat pengaruh kelompok tiang dan perubahan struktur tanah akibat pemancangan (Sarita, et al., 2019). 2.7 Kapasitas Kelompok Tiang Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Hal ini terjadi jika tiang dipancang dalam lapisan pendukung yang mudah mampat atau dipancang pada lapisan tanah yang tidak mudah mampat, namun di bawahnya terdapat lapisan lunak.

METODE PENELITIAN

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdapat prosedur evaluasi nilai kapasitas tiang pancang terdiri dari.

1. Melakukan peninjauan kelengkapan bertujuan agar mengetahui lokasi pembangunan *underpass* STA 2+550 Binjai-Stabat dan pengamatan terhadap prosedur pelaksanaan kalendering pada saat dilakukan pemancangan.
2. Melakukan *review* terhadap *text book* dan jurnal – jurnal yang terkait dengan Fondasi tiang pancang, kapasitas dukung tiang dan jenis literatur lainnya yang berhubungan dengan penulisan Tugas Akhir ini.
3. Pengambilan data yang diperoleh dari Kantor HKI Zona I Kecamatan Sei dendang, Kabupaten Langkat selaku penanggung jawab proyek, data yang diambil meliputi:
 - a. Gambar kerja (layout struktur, denah, potongan, detail – detail).
 - b. Data-data kalendering
4. Mempelajari data gambar kerja, data-data kalendering, dan data-data pendukung lainnya.
5. Menganalisis Kapasitas tiang tunggal berdasarkan data hasil uji kalendering dengan menggunakan metode Hiley (1930), Sanders (1851), Navy-Mckay, Janbu (1953) untuk mendapatkan kapasitas ultimit tiang tunggal (Q_u) dan kapasitas ijin tiang tunggal (Q_a).
6. Menghubungkan hasil analisis kapasitas tiang (Q_{atotal}) dengan penetrasi tiang (s) pancang.
7. Menganalisis kapasitas kelompok tiang berdasarkan efisiensi tiang dengan menggunakan metode *Converse-Labarre Formula* (Q_g).

8. Melakukan pembahasan berdasarkan hasil analisis kapasitas tiang tunggal, hubungan kapasitas tiang tunggal dengan penetrasi tiang dan kapasitas kelompok tiang.
9. Mengambil kesimpulan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.
10. Memberikan rekomendasi berdasarkan kesimpulan yang didapatkan.

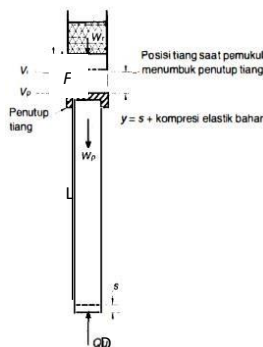
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kapasitas Tiang Tunggal

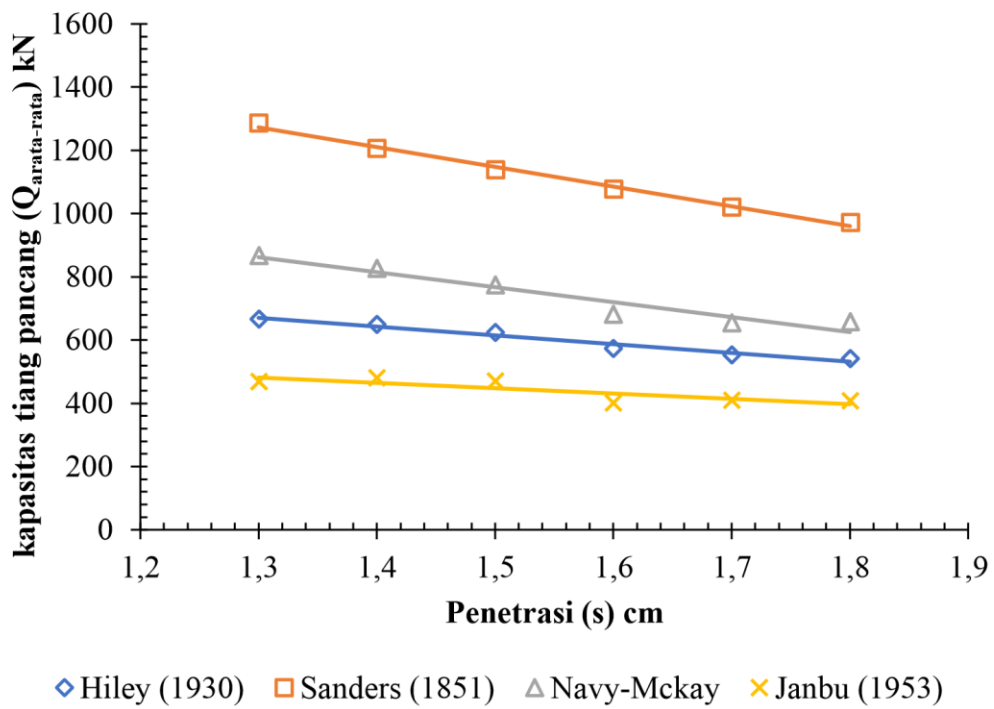
- a. Diameter tiang pancang (D) = 0,60 m
- b. Luas penampang tiang (A) = 0,2826 m²
- c. Kedalaman panjang tiang (L) = 28 m,32 m,36 m
- d. Berat tiang keseluruhan (Wp) = 212,70 kN
- e. Berat hammer (Wr) = 63,74 kN
- f. Tinggi jatuh pemukul (h) = 2,5 m
- g. Penetrasi per pukulan (s) = 0,015 m
- h. Rebound per pukulan (k) = 0,013 m
- i. Koefisien resitusi (n) = 4 (persamaan Hiley)
- j. Efisien pemukul (eh) = 8 (persamaan Sanders)
- k. Modulus elastis bahan tiang (E) = 14000000 kN/m²
- l. Faktor aman (F) sampai 6 (persamaan Janbu (1953)) = 6 (persamaan Navy-Mckay)

2. Hubungan Kapasitas Tiang Pancang dengan Penetrasi tiang

Berdasarkan hasil pengolahan tiang pancang untuk setiap pemancangan pada titik

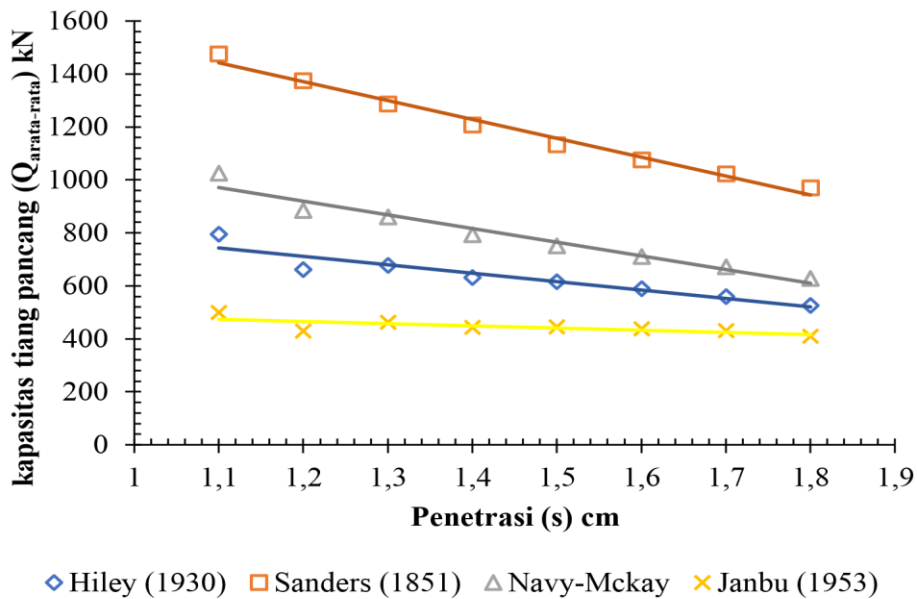


Abutment-A1, maka dapat dibuat grafik hubungannya dengan penetrasi



Gambar 4.1. Hubungan kapasitas tiang pancang ($Q_{arata-rata}$) dengan penetrasi tiang pada ABT-A1

Sumber : Hasil Perhitungan Data Lapangan



Gambar 4.2. Hubungan kapasitas tiang pancang ($Q_{arata-rata}$) dengan penetrasi tiang pada ABT-A2

Sumber : Hasil Perhitungan Data Lapangan

3. Kapasitas Tiang Kelompok

- a. Diameter tiang pancang (D) : 60 cm
- b. Jarak antar tiang (s) : 181,2 cm
- c. D/s : $\frac{60}{1812}$
: 0,331126 cm²
- d. Arc tan D/s dalam derajat (\emptyset) : Arctan 0,331126
: 18,32°
- e. Jumlah baris tiang (m) : 4
- f. Jumlah tiang dalam satu baris (n) : 16

Tabel 1. Hasil analisis kapasitas tiang kelompok pada ABT-A1

Hiley (1930)	Sanders (1851)	Navy-Mckay	Janbu (1953)
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
29473,31	54506,83	36055,02	21748,10

Tabel 2. Hasil analisis kapasitas tiang kelompok pada ABT-A2

Hiley (1930)	Sanders (1851)	Navy-Mckay	Janbu (1953)
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
29955,72	55672,48	36771,53	21751,10

Berdasarkan hasil analisis kapasitas tiang pancang berdasarkan data kalendering dengan metode persamaan *Hiley* (1930), persamaan *Sanders* (1851), persamaan *Navy-Mckay*, dan persamaan *Janbu* (1953) menunjukkan hasil yang berbeda-beda terlihat pada Gambar 4.11 dan lampiran 1, di mana dari **Error! Reference source not found.** dan **Error! Reference source not found.** hasil analisis terlihat bahwa metode persamaan *Sanders* (1851) memberikan kapasitas tiang tunggal total (Q_{atotal}) lebih tinggi sekitar 70697,46 kN pada ABT-A1 dan 72209,36 kN pada ABT-A2, untuk persamaan *Hiley* (1930) sekitar 38228,03 kN pada ABT-A1 dan 38853,73 kN pada ABT-A2 dengan persamaan *Navy-Mckay* cenderung berdekatan

sekitar 46764,75 kN pada ABT-A1 dan 47694,10 kN pada ABT-A2 dan nilai dari metode *Janbu* (1930) lebih kecil dari metode lainnya sekitar 28208,13 kN pada ABT-A1 dan 28212,02 kN pada ABT-A2.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas tiang tunggal yang diizinkan berdasarkan data kalendering didapatkan bahwa hampir semua metode-metode analisis menghasilkan nilai yang cenderung berdekatan kecuali metode persamaan *Sanders* (1851) jauh lebih tinggi dari metode lainnya.
2. Semua metode menunjukkan bahwa jika semakin tinggi penetrasi, maka kapasitas tiang semakin kecil dan sebaliknya jika semakin kecil penetrasi, maka kapasitas tiang semakin tinggi.
3. Kapasitas kelompok tiang berdasarkan efisiensi tiang dan kapasitas tiang tunggal dari semua metode didapatkan bahwa nilai kapasitas kelompok tiang sekitar 21000 kN sampai 55000 kN.
4. Berdasarkan hasil analisis kapasitas tiang tunggal dari metode yang digunakan ada beberapa metode yang nilai kapasitas tiang tunggal yang hampir sama, sedangkan metode *Sanders* nilai kapasitas tiang tunggal jauh lebih tinggi dari metode lainnya.

Saran

Berdasarkan kesimpulan maka ada beberapa hal yang disarankan sebagai berikut:

1. Pengevaluasian secara langsung ke lokasi penelitian untuk mengetahui nilai kapasitas Fondasi tiang pancang dengan menggunakan data kalendering pada ABT 1- ABT 2 *underpass* Binjai – Stabat masih kurang maksimal dilakukan.
2. Dalam menganalisis kapasitas tiang tunggal berdasarkan data kalendering disarankan menggunakan metode persamaan *Hiley* (1930).
3. Dalam perhitungan selanjutkannya dapat menghitung beban yang bekerja dilapangan sehingga dapat diketahui desain jumlah tiang yang lebih ekonomis.
4. Analisis kapasitas tiang selanjutnya dapat menggunakan data N_{spt} (*Standard penetration test*), data PDA (*Pile Driving Analyzer*) dan juga dapat dikerjakan dalam PLAXIS.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., 1984. *Analisis dan Desain Fondasi Jilid I*. 4 ed. Jakarta: Erlangga.
- Chellis, R. D., 1961. *Pile Foundations*. McGraw Hill Book Company.
- Coduto, D. P., 1994. *Foundation Design, Principles and Practices*, Prentice Hall International, Inc., New Jersey.
- Hardiyatmo, H. C., 2015. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. 3 ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kalendering Pada Proyek Icon City Delta Mas, Cikarang Pusat, Bekasi. *Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Pakuan*, pp. 1-7.
- Kishida, H., 1967. *The Bearing Capacity of Pile Groups Under Central and Eccentric Loads in Sands*, B. R. I. Occasional Report No.19, Building Research Institute, Tokyo, Japan. pp. 133.
- Lukman, H., 2017. Rasio Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Kalendering. *Jurnal Teknik*, Juni, Volume 18 No 1, pp. 50-57.
- Meyerhof, G.G., and Murdock, L. J., 1959. *The Bearing Capacity of Foundation*, *Press Canadian Geotechnical*, Journal, Vol. 5, pp 225-244.
- Pancang Tunggal Berdasarkan Data NSPT, CPT dan Kalendering. *Jurnal STABILITA*, Volume 7 No 1, pp. 39-46.
- Pratama, R. R., Lukman, H. & Rahmah, A., 2016. Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Data
- Rauf, A., 2012. *Estimation of Pile Capacity by Optimizing Dynamic Pile Driving Formulae*. Waterloo: s.n.
- S., Sarita, U., F. & Sukri, M., 2019. Analisis Kapasitas Dukung Tiang
- Saptorini, T. R., 2015. Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang terhadap Hasil Uji Calendering. *Jurnal TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN*, Volume 17, pp. 35-42.
- Sardjono, 1988. *Fondasi Tiang Pancang Jilid I*. 1 ed. Surabaya: SINAR WIJAYA.
- Surendro, Dr. Bambang., 2015. *Rekayasa Fondasi*. Graha Ilmu. Yogyakarta.